

筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

ユーザの頭部姿勢に基づいた
スマートウォッチ画面点灯時間の最適化手法

三縄 香織

修士（工学）

（コンピュータサイエンス専攻）

指導教員 志築 文太郎

2021年3月

概要

スマートウォッチには電力消費を抑えるために、画面が点灯してから数秒程度で自動的に消灯する機能や、ユーザが動いていない状態において画面を暗くし簡易的な表示を維持する機能が備わっている。しかし、断続的に情報の更新および操作を行うアプリケーションにおいては、ユーザが表示内容を見ているにもかかわらず画面が消灯する恐れがある。

本研究では、スマートウォッチがユーザの姿勢を推定し、ユーザが画面を見ている状態であると判別されている間画面の点灯状態を維持するシステムの設計および開発を行った。ユーザの頭部の姿勢と手首の向きを推定する手法では、眼鏡型デバイスおよびスマートウォッチの内蔵センサにて推定を行っている。また、開発したシステムの性能評価および主観評価を調査するため実験を行った。結果として、ユーザの提案手法への関心は得られたものの、通知を正確かつ迅速に読み取ることは難しいことが分かった。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的とアプローチ	2
1.3	貢献	2
1.4	本論文の構成	3
第2章	関連研究	4
2.1	ユーザの身体の一部の姿勢を推定する手法	4
2.1.1	手や腕の姿勢を推定する手法	4
2.1.2	頭部の姿勢推定手法	4
2.2	視線を追跡しデバイス操作に用いている手法	5
2.3	ユーザがスマートウォッチを使用している状況についての調査	5
第3章	提案手法	7
3.1	姿勢推定のアルゴリズム	7
3.2	システム構成	8
第4章	実験	9
4.1	プロトタイプ	9
4.2	設計	9
4.3	タスク	9
4.4	実験手順	10
4.5	実験結果	11
4.5.1	主観評価	12
	NASA-TLX	12
	SUS	12
	コメント	13
4.5.2	定量評価	13
	従来手法における画面点灯によるバッテリー消費	13
	通知を読み取るタスクの手法間比較	14
第5章	議論と今後の課題	18

5.1	議論	18
5.2	提案アルゴリズムの応用	18
5.3	今後の課題	19
第 6 章	おわりに	20
	謝辞	21
	参考文献	22
付 録 A	実験の際に用いた各種書類	26
A.1	評価実験に用いた通知の文章	26
A.2	実験説明	32
A.3	Google フォームによる回答画面	33
A.4	NASA-TLX アンケート	36

目次

3.1	システム構成.	8
4.1	短文の通知表示画面. 左:従来手法. 右:提案手法.	10
4.2	長文の通知表示画面. 左:従来手法. 右:提案手法.	11
4.3	回答画面の一例.	12
4.4	使用したパズルの完成図.	13
4.5	実験の様子.	14
4.6	各項目における手法毎の NASA-TLX スコアの平均.	15
4.7	実験参加者毎の NASA-TLX スコアの平均.	15
4.8	各実験参加者の手法毎の SUS スコアの平均.	16
4.9	手法毎の SUS スコアの平均.	16

表目次

4.1 提案手法に対する実験参加者からのコメント.	17
4.2 従来手法に対する実験参加者からのコメント.	17

第1章 はじめに

本章において本研究の背景，本研究の目的と問題解決のためのアプローチを示す，また，本研究の貢献を記し，最後に本論文の構成を示す。

1.1 本研究の背景

スマートウォッチは，他のモバイル端末と連携し通知を知らせるウェアラブルデバイスとして普及してきている。また，運動時における心拍数や脈拍および睡眠時の体の動きの記録を行う機能や，買い物の支払い機能を搭載するものも現れてきており，常日頃装着されるものとなっている。

スマートウォッチには電力消費を抑えるためになるべく画面の点灯時間を短くするという工夫が為されている。特にスマートウォッチには加速度センサやジャイロセンサなど多数のセンサが搭載されており，ユーザの動きを常に測定し続けている。これによって，スマートウォッチは基本的には画面を消灯しておき，スマートウォッチのボタンや画面に直接触れる動作に加えて，スマートウォッチを装着している腕を顔の前に移動する動作や，手首を捻る動作を認識することによって，ユーザが素早く画面を点灯させることができるようにしている。また，画面点灯後ユーザが何も操作を行わなかった場合2-10秒程度でスマートウォッチは画面を自動的に消灯する。点灯時間は搭載されているオペレーティングシステムにより異なり，オペレーティングシステムの設定から変更可能なスマートウォッチやスマートバンドが存在する。例として，Xiaomi社のMi Band 4ではデフォルトの5秒間から最長10秒間まで変更可能となっている。また，Apple Watchのスリープ時間は15秒間と70秒間から選択可能である。Google社のAndroidをベースとして開発されたオペレーティングシステムであるAndroid Wear およびWear OS by Google を搭載しているスマートウォッチを使用している場合は，アプリケーションにて画面点灯時間を変更することができる。しかし，搭載されているオペレーティングシステムやアプリケーションにより画面の点灯時間をデフォルトの秒数から長くした場合，スマートウォッチに表示されている内容が他人に覗かれる恐れやスマートウォッチの稼働時間が短くなる恐れがある。

これに対し，Android Wear およびWear OS by Google を搭載している一部のスマートウォッチには常時点灯機能が実装されている。この機能は，ユーザが手首を下げたときや一定時間操作を行っていない状態であるときに，画面を暗くし時刻が表示されるものとなっている。2019年にはApple Watch Series 5にも「常にオン」の名称にて常時点灯機能が実装された。この機能を作動させている際，手首を下げている状態にて通知を受信した場合，内容を非表示に設定

することができる。また、バックグラウンドにて動作するアプリは必要に応じて更新される。

しかし、常時点灯機能においても、ユーザが手首を下げたときや一定時間操作を行っていない状態である場合はリアルタイムに情報を取得および表示するアプリにおいては非表示となる。例として、ストップウォッチやカウンタのような長時間断続的に操作を行うアプリケーションでは、自動消灯機能のために、表示内容を見ている最中に画面が消灯する恐れがある。この場合、消灯した画面を点灯させるための操作が生じるため即座にアプリケーションへの操作を行うことができない。また、受信した通知を読んでいる最中に短時間で画面が消灯すると、電車の中で身動きが取れない状態のように再度画面を点灯させることが難しい状況では通知の内容を満足に読み取ることができない。そのため、ユーザの使用状況に応じて画面の点灯時間を詳細に調整することは未だ難しいという問題がある。

そこで、本研究ではユーザがスマートウォッチを見ている間、画面の点灯状態を維持する機能をスマートウォッチに搭載するべきであると考えた。スマートフォンにおける先行例として、Samsung社のGalaxyシリーズに搭載されているSmartStay [Sam] という機能がある。この機能はスマートフォンのインカメラを用いてユーザの視線を追跡することによって、ユーザがスマートフォンの画面を見ている間画面の点灯を継続する。しかし、カメラを使用することによるプライバシーへの懸念、および、暗所での利用が困難であるなどの課題がある。

1.2 本研究の目的とアプローチ

本研究の目的はユーザがスマートウォッチを見ている間、リアルタイムに変動するアプリケーションの動作を制限しないために、画面の点灯状態を維持するシステムを実現することである。そのためのアプローチとして、ユーザの頭部とスマートウォッチが装着されているユーザの手首のそれぞれにて加速度センサとジャイロセンサの値を用いて各部位の姿勢を推定することで、ユーザが画面を見ている姿勢を取っているかどうかを判定する。また、ユーザの視線の動きを眼電位センサの値を用いて推定することで、ユーザが画面に視線のみ向けている状態かどうかを判定する。

1.3 貢献

本論文の貢献を以下に列挙する。

- スマートウォッチを用いるユーザの頭部および手首の姿勢、ユーザの視線の動きを推定する手法を示した。
- スマートウォッチを用いるユーザの頭部および手首の姿勢、ユーザの視線の動きを推定するシステムの設計および実装を行い、実験を通して提案システムの性能調査および主観調査を行い、従来の点灯時間を採用したスマートウォッチと提案システムとの性能比較を行った。

1.4 本論文の構成

本論文の構成を述べる。第1章において本論文の背景，研究目的，およびアプローチを述べる。第2章にて，本研究に関連する研究を述べる。第3章にて，提案手法である，頭部と手首の向きを用いた画面点灯制御システムについて詳述する。第4章では，3章にて述べた提案システムの評価実験について述べる。第5章では，提案手法の今後の課題を議論する。最後に第6章にて本研究のまとめを述べる。

第2章 関連研究

スマートウォッチやスマートフォンといったユーザの使用するデバイスを用いて、ユーザの身体の一部の姿勢を推定する手法が提案されている。また、ユーザの視線を用いてデバイスの操作を行っている手法も数多く提案されている。さらに、ユーザがスマートウォッチを使用している状況について様々な観点から調査している論文も多く存在する。本章では、関連研究として、ユーザの身体の一部の姿勢を推定する手法、ユーザの視線を追跡しデバイス操作に用いている手法、およびユーザがスマートウォッチを使用している状況について調査している研究について紹介する。

2.1 ユーザの身体の一部の姿勢を推定する手法

本節では、ユーザの手や腕の姿勢を推定する手法および頭部の姿勢を推定する手法を紹介する。

2.1.1 手や腕の姿勢を推定する手法

これまでに、スマートウォッチを用いてユーザの手や腕の姿勢を推定する手法が複数提案されている。Shen [SWRC16] は、人間の関節の構造を考慮した上でスマートウォッチに搭載された加速度センサからの値に対し隠れマルコフモデルを適用し、ユーザの3次元の腕の姿勢を推定する手法を提案している。Zhang ら [ZGL⁺18] は、スマートウォッチに搭載された光学式心拍センサからの信号を分析することにより10種類のハンドジェスチャを90.55%の精度にて識別した。Laput ら [LXH16] は、スマートウォッチに搭載された加速度センサのサンプリングレートを4kHzに上げることで腕の振動による生体音響データを取得可能にし、これによってハンドジェスチャや手に把持している物体の分類を可能とした。

これらの先行手法に対し、我々はユーザがスマートウォッチを見ているかどうかを判定することに焦点を当てており、スマートウォッチの画面がユーザの視線方向に向いているかを推定する。

2.1.2 頭部の姿勢推定手法

これまでに、ユーザの頭部の姿勢を推定する手法に関する研究が複数なされている。田中ら [TIK⁺15] は、ラップトップコンピュータやスマートフォンを用いるユーザの猫背の矯正を

促すことを目的として、ユーザの頭部の姿勢を監視するシステムを開発した。このシステムでは、ラップトップコンピュータにおいては、ディスプレイの前面カメラを用いてユーザの顔検出を行い、ディスプレイとユーザの顔の距離を推定している。また、スマートフォンにおいては、スマートグラス (JINS MEME¹) を用いて加速度センサにより頭部の傾きを推定している。犬飼ら [犬飼 16] は、胴体に取り付けた深度センサによりユーザの顎下を撮影し、取得した3次元点群データから顎の重心位置と頭部姿勢を推定する手法を提案している。この手法の利点として頭部にセンサを取り付ける必要がない。Newman ら [NMRZ00] は、2台のカメラを用いてユーザの顔の3次元モデルを生成し、顔認識、頭部の姿勢推定、および視線推定をリアルタイムにて行なう手法を提案している。

これらの先行研究に対して、本研究ではユーザのプライバシーの懸念や暗所での利用を考慮してカメラを用いない頭部姿勢推定手法を用いる。

2.2 視線を追跡しデバイス操作に用いている手法

ユーザの視線を検出または追跡し、デバイスの操作にあてる手法に関する研究が存在する。

Hansen ら [HLB+16] は家の中にある家具や家電製品の制御のための視線インタラクションを、手首に装着したユニットから実施するシステムを提案している。Guo ら [GW17] は、ウェアラブルデバイスの画面上に表示されるテキストの読み取りを容易にするための速読システムを開発した。このシステムでは、カメラを用いて視覚を追跡し注視しているかどうかを再生/一時停止の制御として用いている。真鍋・福本 [宏幸 11] は、耳介周辺及び外耳道に電極を配置し眼電位を測り、視線による入力を実現している。

これらの研究に対し、本研究では眼鏡型デバイスに搭載された眼電位センサの値から、ユーザの視線の動きを検出し画面点灯の制御を行う。

2.3 ユーザがスマートウォッチを使用している状況についての調査

Liu ら [LCQ+17] はスマートウォッチの実利用時のデータセットから、スマートウォッチの使用パターン、エネルギー消費およびネットワークトラフィックの観点にて分析を行っている。Yao ら [YLQ19] は、スマートウォッチの実利用時のデータセットから、スマートウォッチの使用状況を推定できるかを調査している。スマートウォッチの消費電力、アプリケーションの起動時間、画面表示に関する推定が行われている。Hansen ら [HBM+15] は、実験参加者の手首に視線追跡装置を装着し、立位時と歩行時の視線追跡の精度を調査している。この調査にて、ユーザがスマートウォッチや腕時計を見ているかどうかの検出は可能であることを示した。また、スマートウォッチの画面や腕時計の盤面のどこを注視しているかまでは詳細に検出できないことも示している。Liu ら [LQ16] は、スマートウォッチの消費電力を測定し、最適化するための電力モデルを導出している。

¹<https://jins-meme.com/ja/> 2021年1月13日閲覧。

これらの研究に対し，本研究においてはユーザの姿勢に着目し，スマートウォッチの画面の点灯状態を維持するタイミングを最適化する．

第3章 提案手法

本章にてユーザがスマートウォッチの画面を見ているか判定する姿勢推定のアルゴリズムとシステム構成を説明する。

3.1 姿勢推定のアルゴリズム

本アルゴリズムでは姿勢推定にスマートウォッチの3軸加速度センサを、また頭部に装着したデバイスの3軸加速度センサと3軸ジャイロセンサを用いる。なお後者については本研究での実装ではJINS社のJINS MEMEを使用した。JINS MEMEは眼鏡型のウェアラブルデバイスであり、鼻あておよびブリッジに眼電位センサ、つるの先端に加速度センサとジャイロセンサが搭載されている。

以下、スマートウォッチとJINS MEMEのセンサ値からユーザの姿勢を推定するアルゴリズムについて説明する。

1. スマートウォッチの3軸加速度センサの値 (x, y, z) から、スマートウォッチの画面に垂直なベクトルの傾きの角度 β を式 (3.1), (3.2) にて計算する。

$$\alpha = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z} \quad (3.1)$$

$$\beta = \tan^{-1} \alpha \quad (3.2)$$

2. JINS MEMEの加速度センサとジャイロセンサから取得可能な頭部の加速度 x_j, y_j, z_j と姿勢角 $\varphi_j, \theta_j, \psi_j$ の値から眼鏡のレンズ面に垂直なベクトルの正規化ベクトル \mathbf{v}_{hy} を式 (3.3), 傾きの角度 γ を式 (3.4) とする。

$$\mathbf{v}_{hy} = \frac{|y_j|}{\sqrt{x_j^2 + y_j^2 + z_j^2}} \quad (3.3)$$

$$\gamma = \theta_j \quad (3.4)$$

3. 式 (3.1) – (3.4) から求めた2つのベクトルの内積 i を式 (3.5) にて計算する。

$$i = |\mathbf{v}_{hy}| \cos\left(\beta + \gamma + \frac{\pi}{2}\right) \quad (3.5)$$

4. 式 (3.5) から求めたベクトルの内積値と頭部の向きによってスマートウォッチ画面の点灯を継続するかを推定する。

なお、推定に用いる値は経験則に基づき内積の閾値を $i \leq -0.7, 0.7 \leq i$ と定めた。

3.2 システム構成

システム構成を図3.1に示す。JINS MEMEとスマートウォッチをBluetoothにて同じスマー

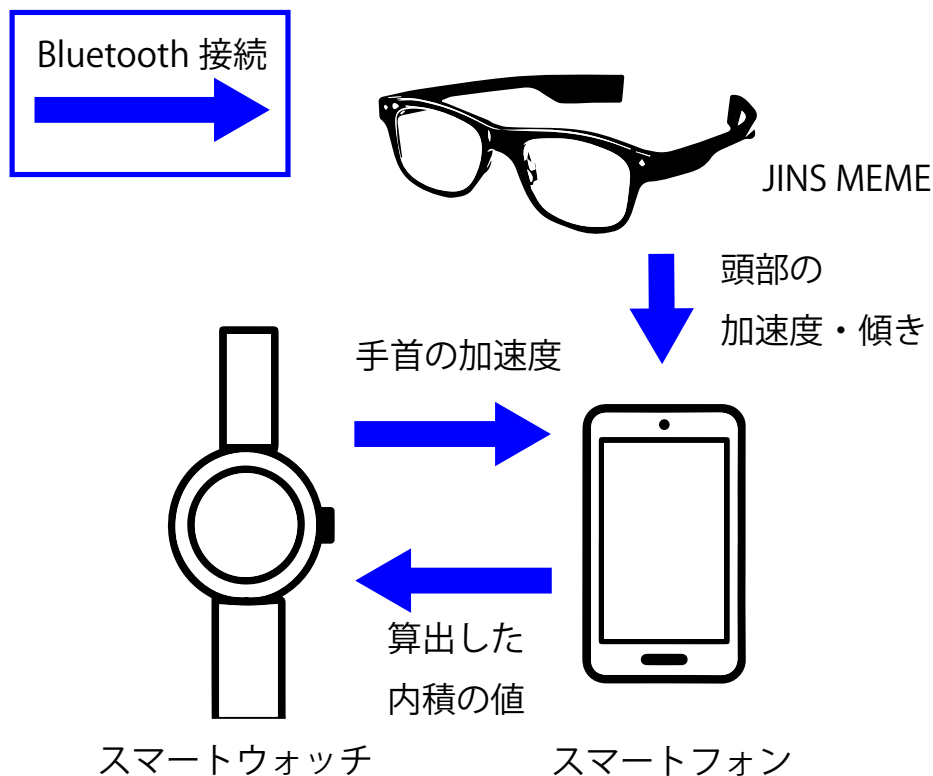


図 3.1: システム構成。

トフォンに接続する。スマートウォッチのセンサデータは Android の DataApi を介して、JINS MEME のセンサデータは JINS MEME SDK (version 1.1.3) を介してスマートフォンに送信される。アルゴリズムの処理をスマートフォンにて行い、計算結果がスマートウォッチに Android の DataApi を介して送信される。スマートウォッチは受信した計算結果を基に画面の点灯維持もしくは消灯を行う。

第4章 実験

提案システムの使用感を測る主観調査を目的とした実験を行った。本章では実験に用いたプロトタイプのアプリケーション、実験の設計、実験のタスク、手順、実験結果について説明する。

4.1 プロトタイプ

我々は提案システムのプロトタイプとしてスマートウォッチ向けのアプリケーションおよびスマートフォン向けのアプリケーションを作成した。本プロトタイプでは、スマートウォッチの画面点灯を直接制御することができないため、疑似的に点灯状態を保つときはアプリケーションの背景を白く、消灯状態にするときは背景を黒くするようにした。なお、スマートウォッチの加速度センサ、JINS MEME の加速度センサおよびジャイロセンサの全ての値が一定時間変化しない場合、点灯状態を保つ判定値になっていても自動的に背景を黒くする。また、スマートフォンに届いた通知をスマートウォッチ上にテキストにて表示する機能を搭載した。この機能はスマートフォンに届いた最新の通知を取得し、通知が発生したアプリケーション、通知のタイトルと内容の詳細をテキストとしてスマートウォッチに送信する。

4.2 設計

実験ではスマートウォッチに Moto360 Sport (Android Wear 2.2)、頭部の姿勢を推定するデバイスとして JINS MEME ES (WCE-15A-001-94, ファームウェア 1.1.1)、スマートフォンに Xperia Z5 Compact (Android 7.1.1) を使用した。

実験参加者は、研究室に所属する大学生・大学院生の8名 (P1-P8) であり、平均年齢 22.9 歳 (標準偏差 0.60 歳) であった。実験参加者の中でスマートウォッチや腕時計を普段使用しているのは1名 (P4) であった。

本実験では、スマートウォッチに元から備わっている通知機能を用いた場合 (従来手法) と、本プロトタイプを用いた場合 (提案手法) との2条件下においてタスクを行って貰った。

4.3 タスク

タスクはスマートウォッチに送信された通知を読み、内容に沿った質問に答えるものである。実験監督者は通知をランダムな間隔 (1つの内容につき約 60-180 秒) で送信する。通知

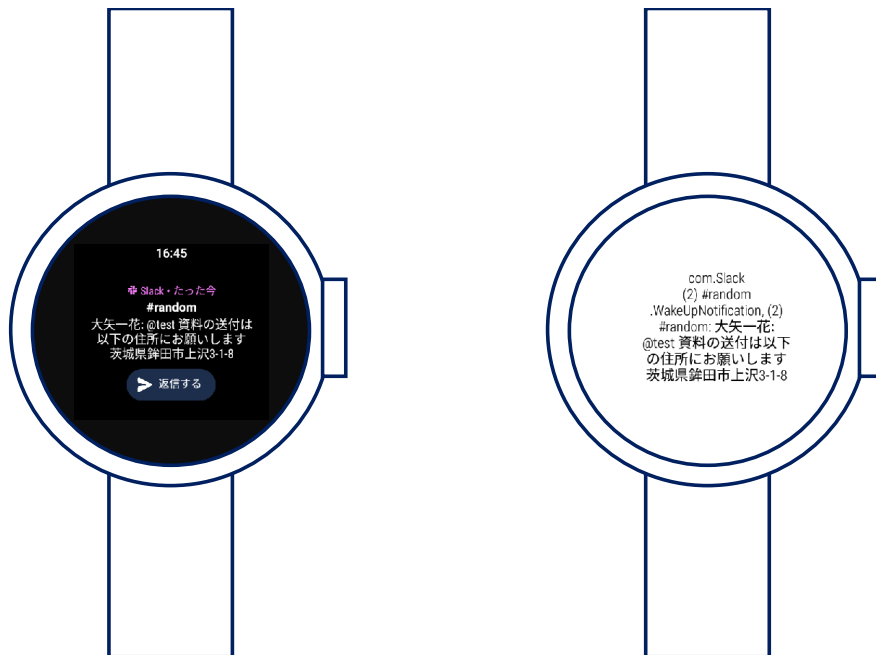


図 4.1: 短文の通知表示画面. 左: 従来手法. 右: 提案手法.

はセッション毎に送信する短文を 1-2 個, 長文を 1-2 個決定し送信順を定めた.

通知の内容はスマートウォッチの液晶に収まる文章量を短文 (図 4.1), スクロールして読む必要がある文章量を長文 (図 4.2) と定義して, それぞれ 6 種類作成した (表??). 短文は Slack を用いたチャットによる会話文, Twitter を用いた短い投稿文を想定して作成した. 長文はミーティングのリマインダや会社説明会の案内のような学生生活で受信することを想定したメールの文章を作成した. なお文章の送信者および受信者, 本文中に登場する名前や会社は架空のものである.

実験参加者は 1 回の通知ごとにスマートウォッチに送られた通知の内容を読み, スマートウォッチとペアリングしているスマートフォンにて Google フォームに記載された質問に回答する. 例として, 付録 A.1 の文章 α セクション 1 に示した Twitter による通知文に対する設問を図 4.3 に示す. 実験参加者には, 従来手法を用いている際画面が消灯した場合には画面をタッチしたり腕を動かしたりして再度点灯させてもよいこと, 提案手法のタスクの際, 従来手法の通知画面は使用せず, アプリケーション画面に表示された通知のテキストを見て回答すること, 質問に回答する前に通知を削除したりプロトタイプ of アプリケーションを閉じた場合はその旨を申告する (この場合には実験監督者が通知を再送する) よう指示した.

4.4 実験手順

実験参加者を提案手法を先に行うグループと従来手法を先に行うグループに分け, 実験参加者がひとつの手法を用いてタスクを実行し Google フォームに用意された質問に全て答える



図 4.2: 長文の通知表示画面. 左: 従来手法. 右: 提案手法.

までを 1 セッションとした。タスクに先だって各実験参加者に実験の内容を説明した。その後、タスクを遂行する間、実験参加者には、椅子に座りスマートウォッチに通知が届くまでの間、作業机の上に広げられたパズル (38 cm × 53 cm, 500 ピース, マチュピチュの都市遺跡, 79-018s, エポック社) (図 4.4) を組み立てるよう指示した (図 4.5)。タスク終了後、実験参加者にはアンケートを記入してもらった。アンケートには日本語版簡便法 NASA-TLX [芳賀 96], System Usability Scale (SUS) [Bro96] を用い、さらに使用感、コメントを自由記述形式にて記入させた。セッション間に 5 分以上の休憩を挟んだ。計 2 セッションの所要時間は約 55 分であった。

4.5 実験結果

実験結果として、アンケートによる NASA-TLX スコア, SUS スコアの定量的評価および実験参加者からのコメントを報告する。また、従来手法の画面点灯によるバッテリー消費量、通知を読み取るタスクの手法間比較を報告する。



図 4.3: 回答画面の一例.

4.5.1 主観評価

NASA-TLX

実験参加者毎の NASA-TLX スコアおよび各項目における手法毎の NASA-TLX スコアの平均を図 4.6, 4.7 に示す. 知的および知覚的要求のみ従来手法が高く, 他項目は提案手法が高い結果となった. t 検定の結果, 有意差は見られなかった ($p > 0.05$).

SUS

実験参加者毎の SUS スコアおよび手法毎の平均 SUS スコアを図 4.8, 4.9 に示す. 従来手法の平均 SUS スコアは 80.0, 提案手法は 74.1 となった. t 検定の結果, 有意差は見られなかつ



図 4.4: 使用したパズルの完成図.

た ($p > 0.05$). また, 実験参加者毎のスコアから, 普段からスマートウォッチを使用していると答えた参加者 P4 は従来手法に対する評価が高いことが分かった.

コメント

アンケートにて, 楽にタスクを行えたと回答したのは提案手法が 5 名, 従来手法が 3 名であった. また, システムを今後使いたいと回答したのは提案手法が 5 名, 従来手法が 3 名であった. 以下, 実験参加者からのコメントを表 4.1, 4.2 に示す.

4.5.2 定量評価

実験から得られた, 従来手法における画面点灯によるバッテリー消費と通知を読み取るタスクの手法間比較について述べる.

従来手法における画面点灯によるバッテリー消費

各実験参加者による従来手法におけるスマートウォッチ画面の点灯回数は平均 10.8 回 (標準偏差 4.88 回) であった. また, スマートウォッチ画面の点灯時間は平均 475.6 秒であった. 従来手法の実験時間は平均 19.6 分 (標準偏差 3.50) であったため, 従来手法でスマートウォッチが点灯していた状態は 41.7% である.



図 4.5: 実験の様子.

通知を読み取るタスクの手法間比較

Google フォームによる設問への総回答時間は従来手法が平均 2 分 28 秒 (標準偏差 0.041), 提案手法が 5 分 52 秒 (標準偏差 0.107) であった. また, 正答率は従来手法が 95.4% (標準偏差 8.0%), 提案手法が 75.0% (標準偏差 14.4%) となった.

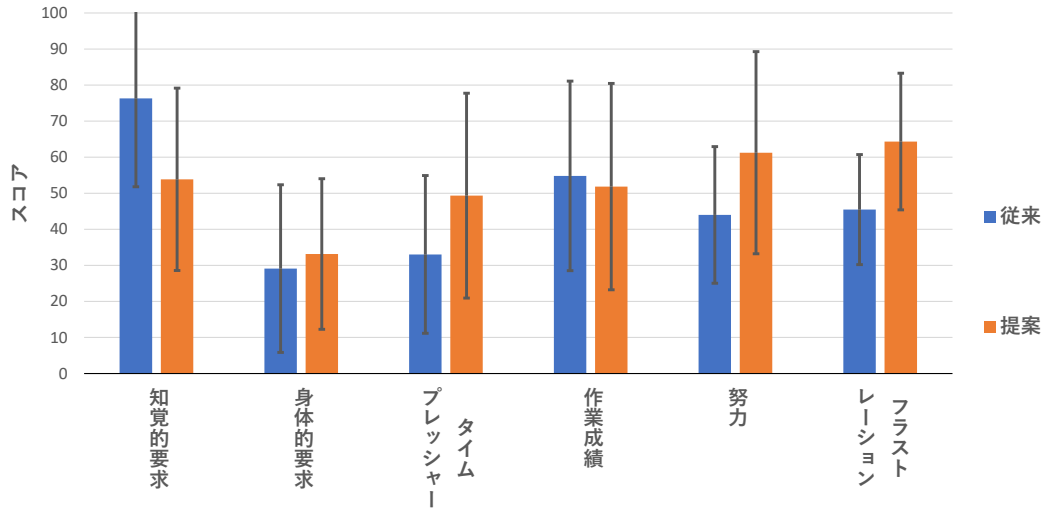


図 4.6: 各項目における手法毎の NASA-TLX スコアの平均.

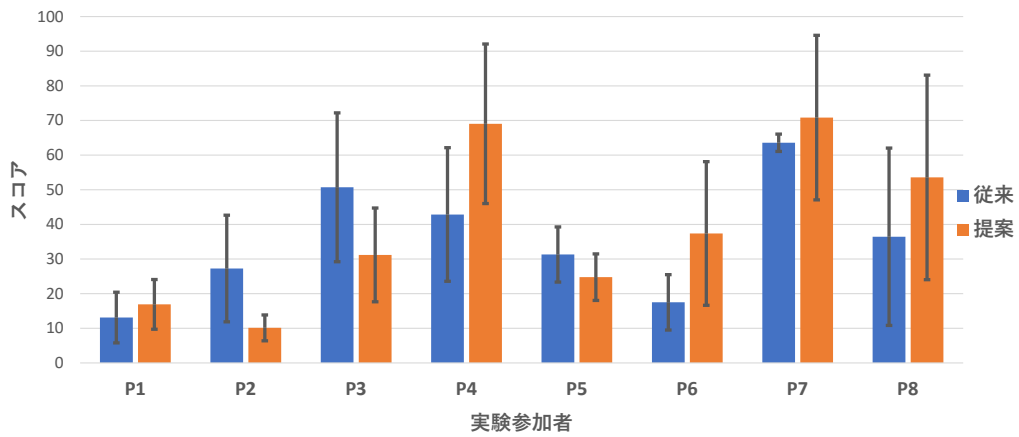


図 4.7: 実験参加者毎の NASA-TLX スコアの平均.

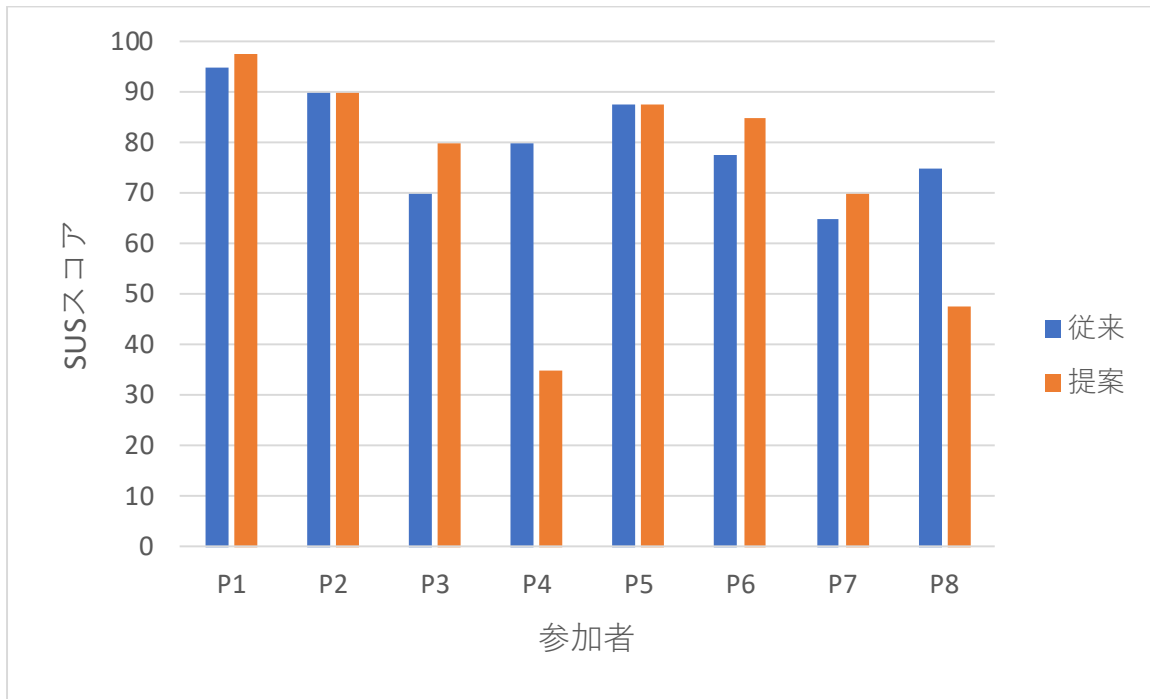


図 4.8: 各実験参加者の手法毎の SUS スコアの平均.

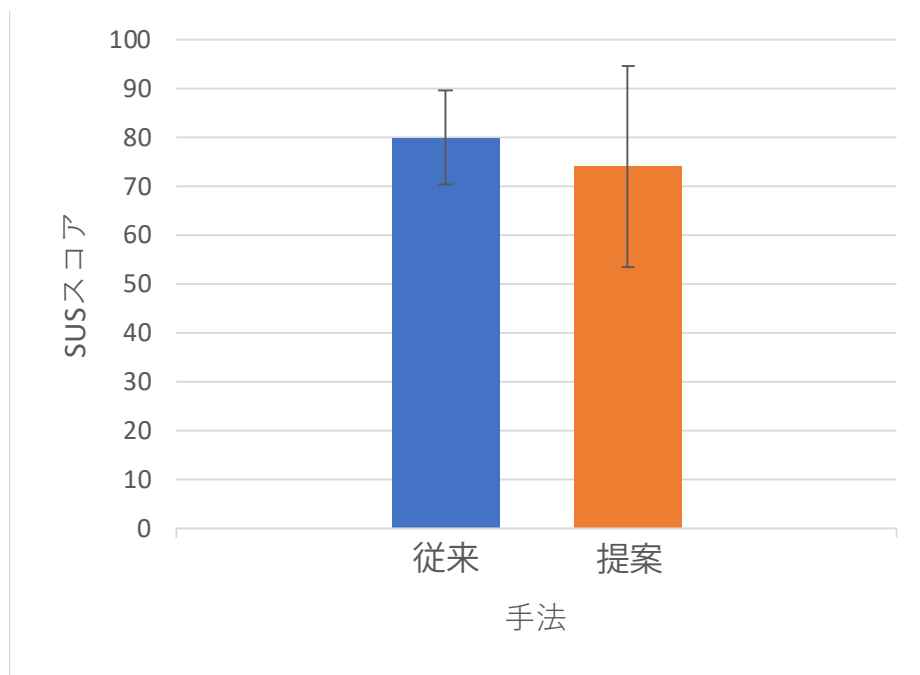


図 4.9: 手法毎の SUS スコアの平均.

表 4.1: 提案手法に対する実験参加者からのコメント.

回答者	コメント
P1	表示の切り替わりが一定時間で行われなため楽にタスクを行えた. 見ている間は表示し続けてくれるところが良かった. 通知が複数来ると不具合があるところを改善すべきである.
P2	画面が回答の入力途中で消えなかったから楽にタスクを行えた. 普段から眼鏡をかけているため提案手法で眼鏡をかけることは気にならなかった.
P3	見ている時表示されるのは UI として良い設計であると感じた. (スマートウォッチのみを用いて) 視線の検出ができれば眼鏡をつけなくても良くなるのではないかと感じた.
P4	不具合により通知を確認できないことがあり操作に手間取った. 通知テキストの表示がシンプルであるため改善すべきである.
P5	見るのが楽だった.
P6	別の作業を行う時は情報が削減されるため, (スマートウォッチの画面が) 消灯されているのはありがたい. 通知欄が読みにくかった. 通知を受け取るタスク自体は改善されていないと感じた.
P7	見るだけでよいので楽だった. 眼鏡型デバイスの重さや装着感が気になった.
P8	(スマートウォッチの画面が) 消灯しないのは便利だ.

表 4.2: 従来手法に対する実験参加者からのコメント.

回答者	コメント
P1	服従デバイスが不要なためこちらを使いたい.
P2	入力内容が簡単だった.
P3	一定時間で画面が暗くなるのが気になった.
P4	普段使用しているスマートウォッチと同様の操作で通知を確認できた.
P5	普段スマートウォッチを使用していないため操作にとまどった.
P6	通知が来て閲覧するまでの過程がスムーズにできたように感じた. 緊急性の低いタスクをためる癖があるため従来手法の方がたまっていくタスクを管理しやすいと感じた.
P7	なし
P8	従来手法の UI に慣れていたので楽にタスクを行えた.

第5章 議論と今後の課題

得られた実験結果に対する議論，提案アルゴリズムの応用例，および今回のシステムにおける問題点を述べる．

5.1 議論

提案手法にて楽にタスクを行うことができ，今後使用したいと答えた実験参加者が多かったものの，NASA-TLX スコアおよび SUS スコアの結果から従来手法の方が優れていると言える．これは，実験参加者のコメントにて述べられていたことを取り上げると，実験参加者はスマートウォッチを見ている間画面が点灯し続けているというメリットを感じることができた一方で，頭部の姿勢を推定する追加デバイスが必要であったこと，通知の読みやすさにおいては改善されていないことを主張していたためと考えられる．また，普段からスマートウォッチを使用している実験参加者は自らのスマートウォッチの UI に慣れており，提案手法へのメリットを感じることができなかつたと述べていた．加えて，通知が届かない状態が続いたこと，通知をテキストとしてアプリケーションに表示できなかったことが原因となり，設問への回答時間や正答率においても従来手法の方が成績が良い結果となった．このことから，プロトタイプアプリケーションを改善する必要があると考えられる．

5.2 提案アルゴリズムの応用

今回開発したアルゴリズムは画面点灯維持を判定すること以外への応用が可能である．例えば，ユーザの姿勢に応じて通知の受信をフィードバックする機能の切り替えや通知の詳細の表示非表示の切り替えを自動的に行う機能が考えられる．移動中や会議中など通知が来てもユーザがスマートウォッチを見られない状況においては，スマートウォッチが通知を受信したことを知らせる音やバイブレーションはユーザや周りの環境に影響を及ぼす．また，従来手法では通知を見ていない状態においても通知の内容が表示されてしまう．一方，提案アルゴリズムにより，ユーザが通知を見られる状態か否かをスマートウォッチが判定できる．すなわち，見られる状態であれば即座に表示し，そうでない場合にはユーザが再び通知が見られる状態になった際にまとめて表示する．ただし，これを実現するためには，提案アルゴリズムに加え頭部の姿勢と手首の姿勢をより詳細に推定する必要がある．

5.3 今後の課題

実験には、既存のサービスを用いて通知を送信しており、短時間に複数の通知が届いた際の短縮表示（複数の通知が同時に届いた際に送信内容が省略される状態）に提案手法が対応していなかったことで、実験中にて受信できない状態が発生したため、実験結果に影響が出たことが考えられる。今後プロトタイプにおいて、通知取得方法を改善し、通知表示画面を使用しているスマートウォッチの元来の通知表示画面のUIに近づける必要がある。

また、本システムではJINS MEMEを用いて頭部の姿勢を推定していたが、追加デバイスがあることにより、使いにくいと考える実験参加者がいることが分かった。このため、今後は加速度センサおよびジャイロセンサを搭載したアタッチメントを普段ユーザが使用している眼鏡やアクセサリにつけられるようにするといった汎用性を高めるアプローチや、スマートウォッチのみを用いてユーザの頭部の姿勢を推定するシステムを検討する。

第6章 おわりに

本稿では、カメラを用いずに、センサのみを使ってスマートウォッチを見ている姿勢であることを推定するアルゴリズムにより点灯を維持するシステムのプロトタイプを開発した。ユーザがスマートウォッチを見ているかを推定するシステムの使用感を測る主観調査を目的として、ユーザにスマートウォッチに届いた通知を読み取らせる実験の結果を報告した。実験にて得られた結果から、ユーザの提案手法への関心は得られたものの通知を正確かつ迅速に読み取ることは難しいことが分かった。今後はシステム中の通知を取得する方法を改善し、本来のスマートウォッチの通知表示画面の操作方法を基にシステムにおける通知の表示方法を検討する。また、通知表示以外のアプリケーションにおいて提案システムを用いた場合の性能調査および主観調査を行うことを考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、志築文太郎先生、高橋伸先生、川口一画先生には多くのご意見とご指導を頂きました。心から感謝いたします。特に、主指導教員である志築文太郎先生には、研究の進め方をはじめ、論文執筆の方法、研究発表の方法など多くのご指導をいただきました。また研究についてだけでなく、筑波大学での過ごし方や普段の生活についても気にかけていただきました。重ねて感謝いたします。

また、インタラクティブプログラミング研究室の皆様には、研究生活と日常生活の両面において大変お世話になりました。特に WAVE チームの皆様には、チームゼミをはじめ研究生活での様々な場面にて、多くのアドバイスやアイデアを頂きました。深く感謝いたします。

最後に、学生生活において私を支えてくださった家族、親類、友人の皆様、大学院生活においてお世話になった全ての方々に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [Bro96] John Brooke. SUS : A Quick and Dirty Usability Scale. *Usability Evaluation in Industry*, pp. 189–194, 1996.
- [GW17] Wei Guo and Jingtao Wang. SmartRSVP: Facilitating Attentive Speed Reading on Small Screen Wearable Devices. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA ' 17, p. 1640–1647, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [HBM⁺15] John Paulin Hansen, Florian Biermann, Janus Askø Madsen, Morten Jonassen, Haakon Lund, Javier San Agustin, and Sebastian Sztuk. A Gaze Interactive Textual Smartwatch Interface. In *Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers*, UbiComp/ISWC'15 Adjunct, p. 839–847, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
- [HLB⁺16] John Paulin Hansen, Haakon Lund, Florian Biermann, Emillie Møllenbach, Sebastian Sztuk, and Javier San Agustin. Wrist-Worn Pervasive Gaze Interaction. In *Proceedings of the Ninth Biennial ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, ETRA ' 16, pp. 57–64, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [LCQ⁺17] Xing Liu, Tianyu Chen, Feng Qian, Zhixiu Guo, Felix Xiaozhu Lin, Xiaofeng Wang, and Kai Chen. Characterizing Smartwatch Usage in the Wild. In *Proceedings of the 15th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, MobiSys '17, p. 385–398, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [LQ16] Xing Liu and Feng Qian. Measuring and Optimizing Android Smartwatch Energy Consumption: Poster. In *Proceedings of the 22nd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, MobiCom '16, p. 421–423, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [LXH16] Gierad Laput, Robert Xiao, and Chris Harrison. ViBand: High-Fidelity Bio-Acoustic Sensing Using Commodity Smartwatch Accelerometers. In *Proceedings of the 29th*

Annual Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '16, pp. 321–333, New York, NY, USA, 2016. ACM.

- [NMRZ00] Rhys Newman, Yoshio Matsumoto, Sebastien Rougeaux, and Alexander Zelinsky. Real-Time Stereo Tracking for Head Pose and Gaze Estimation. In *Proceedings of the Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition 2000*, FG '00, pp. 122–, Washington, DC, USA, 2000. IEEE Computer Society.
- [Sam] Samsung. What is the smart stay feature on my samsung galaxy note?? <https://www.samsung.com/za/support/mobile-devices/what-is-the-smart-stay-feature-on-my-samsung-galaxy-note2/>. 2021年1月13日閲覧.
- [SWRC16] Sheng Shen, He Wang, and Romit Roy Choudhury. I Am a Smartwatch and I Can Track My User's Arm. In *Proceedings of the 14th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, MobiSys '16, pp. 85–96, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [TIK⁺15] Katsuma Tanaka, Shoya Ishimaru, Koichi Kise, Kai Kunze, and Masahiko Inami. Nekoze!: Monitoring and Detecting Head Posture While Working with Laptop and Mobile Phone. In *Proceedings of the 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, PervasiveHealth '15, pp. 237–240. Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, 2015.
- [YLQ19] Yunsheng Yao, Xing Liu, and Feng Qian. Understanding the Predictability of Smartwatch Usage. In *The 5th ACM Workshop on Wearable Systems and Applications*, WearSys '19, p. 11–16, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [ZGL⁺18] Yu Zhang, Tao Gu, Chu Luo, Vassilis Kostakos, and Aruna Seneviratne. FinDroidHR: Smartwatch Gesture Input with Optical HeartRate Monitor. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 2, No. 1, pp. 56:1–56:42, March 2018.
- [犬飼 16] 犬飼和真, 富永登夢, 土方嘉徳, 酒田信親. 顎下三次元点群データからの頭部姿勢推定手法. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 21, No. 4, pp. 605–612, 2016.
- [宏幸 11] 宏幸真鍋, 雅朗福本. ヘッドホンを用いた eog 法による視線入力インタフェース. 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 4, pp. 1515–1526, apr 2011.
- [芳賀 96] 芳賀繁, 水上直樹. 日本語版 nasa-tlx によるメンタルワークロード測定各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度. 人間工学, Vol. 32, No. 2, pp. 71–79, jun 1996.

著者論文リスト

本論文に関する論文および発表

- 査読無し国内会議論文
 1. 三縄香織, 中村拓人, 志築文太郎. ユーザの顔の向きに基づいたスマートウォッチ画面点灯時間の最適化手法. 情報処理学会研究報告, 情報処理学会, 2020年01月, Vol.2020-HCI-186, 7ページ.
- その他の発表
 1. 三縄香織, 中村拓人, 志築文太郎. ユーザの顔の向きに基づいたスマートウォッチ画面点灯時間の最適化の検討. 第27回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2019), 日本ソフトウェア科学会, 2019年9月. (予稿なし).

その他の論文

- 査読あり国際会議論文

1. Minto Funakoshi, Shun Fujita, Kaori Minawa, Buntarou Shizuki. SilverCodes: Thin, Flexible, and Single-Line Connected Identifiers Inputted by Swiping with a Finger In Proceedings of the 22nd International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2020), 13 pages.

- 査読無し国内会議論文

1. 三縄香織, 漆山裕太, 日高拓真, 志築文太郎. ディスプレイ上に表示されるボタンに対する非接触滞留ジェスチャによる選択性能の調査. 情報処理学会第83回全国大会. 2pages. 2021年3月. 情報処理学会.
2. 船越南斗, 藤田俊, 三縄香織, 志築文太郎. 指にてなぞることにより入力可能な単一結線識別子の検討(2)～識別子の重ね合わせ～. ヒューマンインタフェースシンポジウム2019 (HIS2019). 2019年09月. 7ページ.

付録A 実験の際に用いた各種書類

A.1 評価実験に用いた通知の文章

実験に使用した通知として表示させた文章を以下に示す。

- 文章 α

セクション1

Twitter 松沢武治さんが返信しました 今日3A402で授業するみたいです

Slack 大友博満:ポスターの仮案を作りました (pdf)

服部玲:もう少しタイトルの文字を大きくしましょう

大矢一花:有賀美久さんが当日のシフトを15時~にしてほしいそうです

大友博満:@服部玲さん 了解しました

服部玲:下段2つの写真の大きさを揃えて下さい。本文との余白を空けるようにしましょう

小池晴彦:@大矢一花さん 本多天音さんのシフトと入れ替えます

服部玲:@大友博満さん 修正が完了したら私へのメンションを付けて送信してください

メール 面接日時リマインダ

件名:【ご確認】10月2日面接の件

山岡一樹様

いつも大変お世話になっております。

株式会社エムファン、営業部の宮本です。

先日お約束させて頂きました面接の日程が

明後日に迫って参りましたのでご連絡致しました。

日時:10月2日(水)10時30分~

場所:御社3階会議室(住所を記載)

日時のご確認ですが、
当初の予定通りで宜しいでしょうか。

もし、日時や場所等の変更のご希望がございましたら、
お手数ですがご連絡をいただけますと幸甚でございます。

当日、お会いできることを楽しみにしております。
何卒宜しくお願い申し上げます。

セクション2

メール 振込明細の送付について

皆川敏宏様
いつもお世話になります。

筑波大学からの振込について、添付ファイルの通りお知らせ致します。
PDF ファイルと同内容の CSV データを PDF ファイル内に添付いたしました
ので、
ご利用の際は、PDF ファイル 1 ページ目左下にあるクリップマークをダブル
クリックしてご利用ください。
(スマートフォン・タブレット端末によっては一部表記できない場合があります。)
不明な点がございましたら下記担当までご連絡ください。

—

国立大学法人 筑波大学 財務部財務管理課出納担当
〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1
Tel 029(853)2160 Fax 029(853)6020 E-mail : suitou@un.tsukuba.ac.jp

Slack 村木拓也:16:45 になりました。小テストの未提出者（宮本定吉 17486435、柳
瀬有里 19864357、江川采司春 15669634）の催促をお願いします
増田紗千花:江川さんの提出を確認しました

メール 配達予定案内
高岡姫和様

いつも佐川急便をご利用頂き誠にありがとうございます。

お荷物のお届け予定日をご連絡致します。

■お問い合わせ送り状 No.

3546-7189-6611

■配達予定日時

2019/11/27 19:00～21:00

■ご依頼主

株式会社富岡食品様

★配達日・時間帯指定の変更はコチラから↓

<https://www.ds.e-service.sagawa-exp.co.jp/nullnull>

【ご注意】

*配達日時の変更は、配達予定日当日の 12:00 までの受付になります。

*天候・道路事情・お荷物のお預かり状況等によりご予定に添えない場合がございます。

*本メールは各種メール通知サービスのお申込により佐川急便が自動的に送信しております。

*本メールは送信専用の為、返信はお受けしていません。

《台風 19 号による集荷・配達遅延について》

一部の地域では、ご指定の日時や場所にお届けができない可能性がございます。

詳しくは当社 HP「お知らせ」をご確認下さい。

佐川急便株式会社

<https://www.sagawa-exp.co.jp/>

- 文章 β

セクション 1

Twitter 松沢武治さんが返信しました 今日 3A402 で授業するみたいです

Slack #random

倉田仁:資料の送付は以下の住所にお願いいたします

茨城県鉾田市上沢 3-1-8

メール 全体ゼミリマインダ

IPLAB の皆様,
議事録係の藤堂です.

明日 10/15 の全体ゼミのリマインダをお送りいたします.
ご確認の程, よろしくお願い致します.

——

日時 : 2019/10/15 (火) 10:00-

内容 : 研究会発表練習 (浜田達男, 生田天斗, 黒田風香)

場所 : SB911-1

——

セクション 2

Twitter 沼田若奈さんがツイートを投稿しました 今日広島県で行われる第 145 回
教育システム学会全国大会にて登壇発表をします.

松沢武治さんが返信しました 授業が終わったら研究棟の 2 階で合流しましよ
う

メール 投稿報告

志築先生, 高橋先生, 村上さん

古田です.

PET 2019 に以下の論文を投稿しました.

題目: Personal Rights Management - Taming Camera-Phones for Individual Pri-
vacy Enforcement

原稿: <http://wiki.iplab.cs.tsukuba.ac.jp/wave/index.php?hogehoge.pdf>

ソース: <http://wiki.iplab.cs.tsukuba.ac.jp/wave/index.php?brabra.zip>

皆様のお力添えにより、投稿することができました。

ありがとうございました。

今後は2/3-2/5に開催されるPET 2019の当日の発表に向けて準備を進めます。

今後ともご指導ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

—

筑波大学 システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻

インタラクティブプログラミング研究室 WAVE チーム

古田義郎

Mail: furuta@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

メール 会社説明会

件名：会社説明会の詳細について（株式会社ベーシック）

桑田彩帆様

お世話になっております。

株式会社ベーシック、人事総務部の川井章と申します。

さてこの度、弊社では令和2年度の新卒者を対象とした会社説明会を開催することとなりました。

詳細につきましては下記の通りとなります。

■会社説明会の詳細

日時：9月24日（火曜日）13時～15時

会場：株式会社ベーシック 3階大会議室

住所：台東区北上野4-1-18 見本ビル3階（添付の地図をご参照ください）

ご準備頂く物：筆記用具、ノート

お問い合わせ先：人事総務部 川井章 TEL：03-8492-6199

お申込みは下記項目をご入力の上、当アドレスまでご返信頂きますようお願い申し上げます。

■会社説明会：エントリーフォーム

お名前：

大学・学部名：

ご住所：

ご連絡先：

今回は50名限定の会社説明会のため、
定員になり次第、締め切らせていただきます。
早めのお申込みをお待ちしております。

なお、急なご都合によりキャンセルとなる場合も
当アドレスにその旨を記載の上、お知らせくださいませ。

ご参加頂きますよう何卒宜しくお願い申し上げます。

A.2 実験説明

実験説明.md

12/12/2019

従来手法…スマートウォッチのみを用いて通知を読み回答する

提案手法…JINEMEMEを装着し、スマートウォッチに表示される通知テキストを読み回答する

- 通知はスマートフォンとスマートウォッチの両方に来ます。実験ではスマートウォッチを用いて通知の内容を見るようにしてください。
- 最初にテスト通知を送ります。スマートウォッチに通知が来ないときは再度送信します。複数回送信して通知が来ない場合はこちらで端末の再起動を行います。
- 従来手法で画面が消えた時は画面をタッチしたり腕を動かしたりして再度点灯させてもかまいません。
- 提案手法で通知が届くと通知のタブが下に表示されますがタップしないで、画面に表示された通知のテキストを見て回答を行ってください。
- 提案手法で時刻表示に戻ってしまった場合はボタンを押してメニューからWakeUpNotificationを開いてください。その後通知を再送します。
- 回答を終えた通知は携帯の方から通知を消去してください。（Gmailで複数の新着メールが届くと通知が縮小され本文が見れなくなる仕様のため。）
- 通知を回答する前に消去してしまった場合はこちらで再送します。

▲ Google Play開発者サービス
・たった今
アカウントの操作が必要
minawa@iplab.cs.tsukuba.ac
.jp

me.lam.bluetoothchat
01:FA:74:CC:5C:79
あ

me.lam.bluetoothchat
01:FA:74:CC:5C:79
か

A.3 Google フォームによる回答画面

実験回答フォームα
セッション1 (短文)

第1問

The screenshot shows a mobile interface for a Google Form titled "Watch_wakeup_notifica... DISCONNECT". The form header is "回答フォーム" (Answer Form) with a red asterisk indicating a required field. Below the header, a brown bar indicates "第一問" (Question 1). A message states: "全ての回答が終わったら次のページへ進んでください" (Please proceed to the next page when all answers are completed). The question is "授業はどこで行われるか*" (Where will the class be held?). It is worth 1 point. The options are radio buttons for 3A302, 3A402, 3B402, and 2A402. A pencil icon for editing is visible at the bottom right.

第2問

The screenshot shows the "第二問" (Question 2) section. A message states: "全ての回答が終わったら次のページへ進んでください" (Please proceed to the next page when all answers are completed). The question is "大友博満さんが指摘されたポスターの修正案 (全て選択)*" (Correction proposals for the poster pointed out by Hiromasa Ohtomo (select all)). It is worth 1 point. The options are checkboxes for: "本文と写真の余白を空ける" (Increase spacing between text and photos), "タイトルと写真の余白を空ける" (Increase spacing between title and photos), "文字の大きさを揃える" (Align text sizes), "タイトルの文字を大きくする" (Increase title text size), and "写真の大きさを揃える" (Align photo sizes). A pencil icon for editing is visible at the bottom right.

The screenshot shows the continuation of the "第二問" (Question 2) section. The question is "シフトの時間の変更を希望している人は誰か*" (Who wants to change their shift time?). It is worth 1 point. There is a "選択" (Select) dropdown menu. Below it, the question is "シフトの時間が変更されるのはだれか*" (Who will have their shift time changed?). There is another "選択" (Select) dropdown menu. At the bottom, there are "戻る" (Back) and "次へ" (Next) buttons. A pencil icon for editing is visible at the bottom right. A footer note reads: "このフォームは 筑波大学システム情報工学研究所 (システム情報学) のウェブサイト上で提供されています" (This form is provided on the website of the Institute of Information Systems Engineering, University of Tsukuba).

第3問

Watch_wakeup_notifica... DISCONNECT

面接は何日後に行われるか* 1ポイント

1日後

2日後

3日後

面接は何処で行われるか* 1ポイント

3期応接室

3期会議室

2期会議室

戻る 送信

セッション2 (長文)
第1問

Watch_wakeup_notifica... DISCONNECT

メールのタイトルを記入して下さい* 1ポイント

回答を入力

送信元を記入してください* 1ポイント

回答を入力

戻る 次へ

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このフォームは 筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻インタラクティブプログラミング研究室 作成されました。 不正転載。

Google フォーム

第2問

Watch_wakeup_notifica... DISCONNECT

16:45時点での小テストの未提出者は何人か* 1ポイント

選択

増田紗千花が提出を確認した生徒は誰か* 0ポイント

宮本定吉(17486435)

柳瀬君里(19844357)

江川菜可南(15669684)

戻る 次へ

第3問

Watch_wakeup_notifica... DISCONNECT

配達予定日時はいつか* 1ポイント

日付

荷物の依頼主はどこか* 1ポイント

株式会社富岡食品

佐川急便

株式会社ベージュック

戻る 送信

Google フォームでパスワードを記憶しないでください

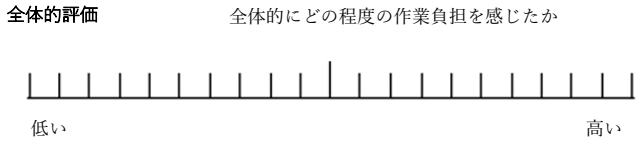
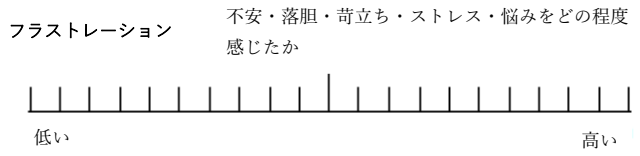
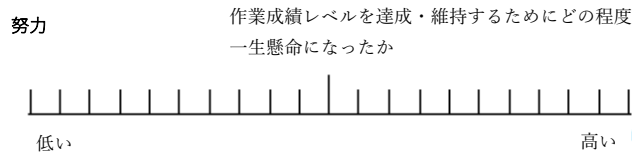
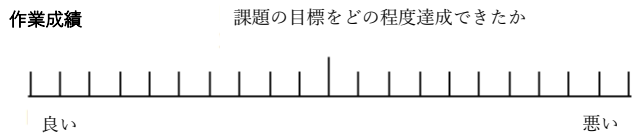
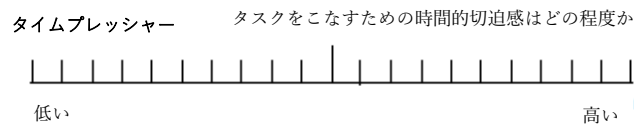
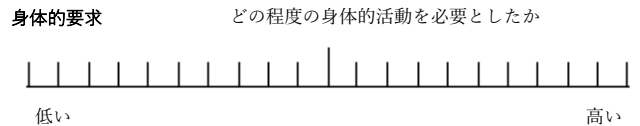
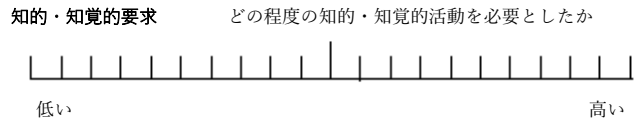
A.4 NASA-TLX アンケート

NASA Task Load Index

文責：三縄香織

表1 パソコン化された日本語版 NASA-TLX における尺度名とその説明文
 Tab.1 Japanese titles of the NASA-TLX scales, their endpoints, and their descriptions.

尺度名(終端点)	説明文(上段は一对比較, 下段は負担評価の際に用いる)
知的・知覚的要求 (小さい/大きい)	どの程度の知的・知覚的活動(考える, 決める, 計算する, 記憶する, 見るなど)を必要とするか, 課題がやさしいか難しいか, 単純か複雑か, 正確さが求められるか大ざっぱでよいか
	どの程度の知的・知覚的活動(考える, 決める, 計算する, 記憶する, 見るなど)を必要としましたか, 課題はやさしかったですか難しかったですか, 単純でしたか複雑でしたか, 正確さが求められましたか大ざっぱでよかったですか
身体的要求 (小さい/大きい)	どの程度の身体的活動(押す, 引く, 回す, 制御する, 動き回るなど)を必要とするか, 作業がラクかキツイか, ゆっくりできるかキビキビやらなければならないか, 休み休みできるか働きづめか
	どの程度の身体的活動(押す, 引く, 回す, 制御する, 動き回るなど)を必要としましたか, 作業はラクでしたかキツイかったですか, ゆっくりできましたかキビキビやらなければなりませんでしたが, 休み休みできましたか働きづめでしたか
タイムプレッシャー (弱い/強い)	仕事のペースや課題が発生する頻度のために感じる時間的切迫感がどの程度か, ペースはゆっくりとして余裕があるものか, それとも速くて余裕のないものか
	仕事のペースや課題が発生する頻度のために感じる時間的切迫感ほどの程度でしたか, ペースはゆっくりとして余裕があるものでしたか, それとも速くて余裕のないものでしたか
作業成績 (良い/悪い)	作業指示者(またはあなた自身)によって設定された課題の目標をどの程度達成できたと考えるか, 目標の達成に関して自分の作業成績にどの程度満足しているか
	作業指示者(またはあなた自身)によって設定された課題の目標をどの程度達成できたと考えますか, 目標の達成に関して自分の作業成績にどの程度満足していますか
努力 (少ない/多い)	作業成績のレベルを達成・維持するために, 精神的・身体的にどの程度いっしょうけんめいに作業しなければならないか
	作業成績のレベルを達成・維持するために, 精神的・身体的にどの程度いっしょうけんめいに作業しなければならませんでしたか.
フラストレーション (低い/高い)	作業中に, 不安感, 落胆, いらいら, ストレス, 悩みをどの程度感じるか, あるいは逆に, 安心感, 満足感, 充足感, 楽しさ, リラックスをどの程度感じるか
	作業中に, 不安感, 落胆, いらいら, ストレス, 悩みをどの程度感じましたか, あるいは逆に, 安心感, 満足感, 充足感, 楽しさ, リラックスをどの程度感じましたか
全体的な負荷 (低い/高い)	さまざまな負荷要因, 負荷原因, 部分部分の課題内容を総合すると, 全体としてどの程度の作業負担を感じましたか



各尺度において重要と感じたものから順位を記入してください。(同じ数字を記入してもかまいません)

- () 知的・知覚的要求
- () 身体的要求
- () タイムプレッシャー
- () 作業成績
- () 努力
- () フラストレーション